

**Capítulo**

**1**

**Descripción de las Fuentes  
de Energías Renovables**

### 1.1. ¿CÓMO SE CLASIFICAN LAS FUENTES DE ENERGÍAS ?

Las fuentes de energía se clasifican en dos grandes grupos:

#### **Energías renovables:**

Según la Ley Provincial N°12.503, las energías renovables son aquellas que se encuentran disponibles en la naturaleza en forma inagotable y cuyo aprovechamiento implica impactos ambientales positivos o neutros, es decir, que la explotación del recurso es irrelevante con respecto a la fuente de origen, por ejemplo, la energía proveniente del sol, la energía del viento, entre otras.

A partir de la década del '70, las energías renovables se han instalado como una alternativa a las energías denominadas tradicionales o convencionales, por su disponibilidad garantizada en el tiempo y su menor costo ambiental. Por esta razón también se las conoce como energías alternativas o limpias.

#### **Energías convencionales:**

Las energías convencionales o tradicionales se caracterizan por utilizar un recurso cuya fuente o disponibilidad disminuye sustancialmente a lo largo de su aprovechamiento, como es el caso de los combustibles fósiles, que han requerido millones de años para

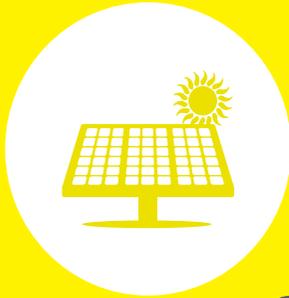
su formación y se ha consumido gran parte de las reservas estimadas en poco más de una centuria.

Otro aspecto a considerar es el impacto ambiental asociado a la explotación de este tipo de recursos no renovables dado que, como resultado de la combustión de los mismos, se ha incrementado la emisión de dióxido de carbono, sulfuros y otras partículas contaminantes, originando como resultado el cambio climático al que asistimos en la actualidad.

### 1.2. ¿POR QUÉ USAR ENERGÍAS RENOVABLES?

- Son amigables con el medioambiente.
- Se encuentran disponibles y fácilmente asequibles.
- Los sistemas de generación para uso domiciliario son sencillos en cuanto a diseño y uso.
- Es factible la autoconstrucción de equipos y pequeños sistemas.
- Generan oportunidades de trabajo y capacitación local.
- Implican un ahorro de fuentes de energía convencionales.
- Resultan económicas y competitivas a lo largo de la vida útil del proyecto.
- Permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.





## ¿Qué es la **ENERGÍA SOLAR?**

Desde los tiempos más primitivos, los seres humanos reconocen al sol como la principal fuente de energía, dado que es imprescindible para la existencia de la vida en el Planeta. Cada año proyecta sobre la Tierra una cantidad de energía cuatro mil veces mayor de la que necesitamos para satisfacer nuestras necesidades de consumo.

## La energía solar

se obtiene a partir de la captación de la energía liberada por el sol, por medio de equipos e instalaciones diseñados para su aprovechamiento térmico o eléctrico. Existen diversos tipos, a saber:

**e Energía solar fotovoltaica:** consiste en la obtención de energía eléctrica a partir de la radiación solar, a través de paneles fotovoltaicos e instalaciones eléctricas complementarias.

**e Energía solar térmica:** se basa en la obtención de energía térmica a partir de la radiación solar, para calentar fluidos, como por ejemplo agua o aire, en forma directa o indirecta.

**e Energía solar pasiva:** radica en el aprovechamiento de las cualidades lumínicas y calóricas de la radiación para ser aprovechadas en el hábitat humano, siendo generalmente incorporada en las construcciones diseñadas bajo los conceptos de arquitectura bioclimática.

La energía solar tiene las siguientes características fundamentales:

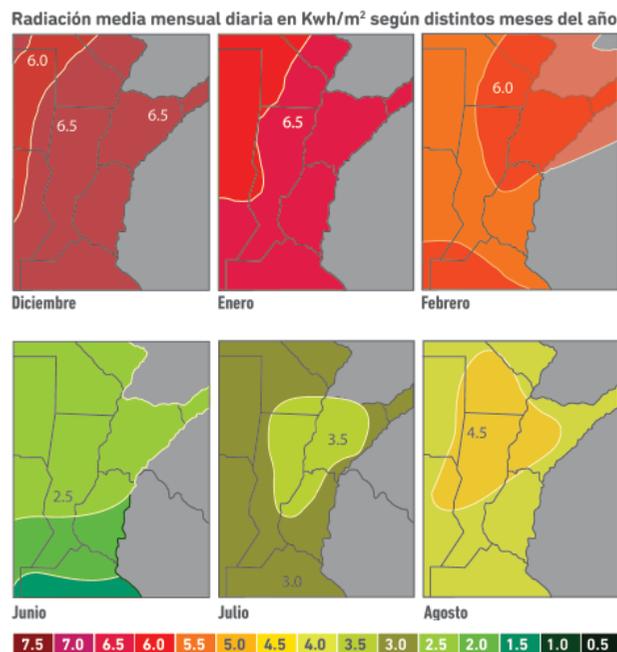
- **Inagotable.**
- **Limpia:** no genera emisiones de gases de efecto invernadero ni sonoras.

- **Larga vida útil:** los proyectos de energía solar fotovoltaica y térmica presentan una vida útil superior a los 30 años y requieren un bajo mantenimiento.
- **Costos** decrecientes a medida que el desarrollo de la tecnología avanza.

## Entonces... ¿qué estamos esperando?...

### Potencial de recurso solar santafesino:

La Provincia tiene una muy buena radiación media mensual diaria a lo largo de todo el año, con casi 220



Fuente: «Atlas de Energía Solar de la República Argentina» de Grossi Gallegos y Righini (2007).  
Cada color corresponde a un valor de irradiación en conformidad con la escala.

Figura 1

días de sol pleno al año. Esta oportunidad de aprovechamiento solar térmico y fotovoltaico es totalmente factible desde el punto de vista técnico. Los niveles de radiación solar se muestran en la Figura 1.

### e ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Tal como se mencionara precedentemente, la Energía Solar Térmica permite aprovechar la energía calórica proveniente del sol. Esta energía térmica o calórica es transferida a un fluido para su posterior uso según las temperaturas alcanzadas por la tecnología adoptada.

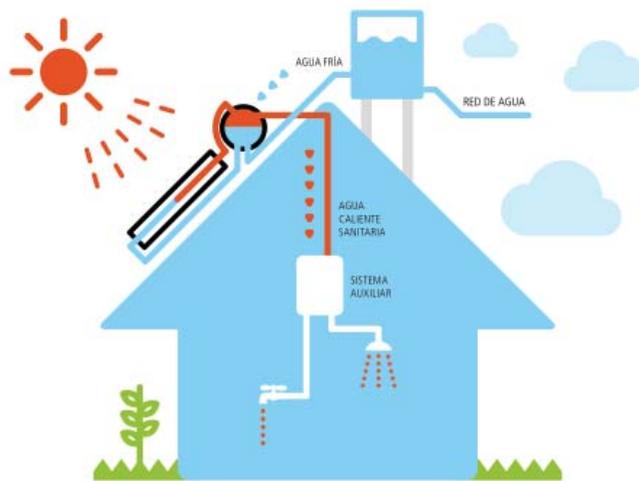


Figura 2. Esquema de funcionamiento de colector solar

## ¿Cómo podemos aprovechar la energía solar térmica?

### ► SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS):

Una de las principales aplicaciones es la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) para uso doméstico, en viviendas, edificios, instalaciones deportivas, educativas, de salud, industriales, hoteles, restaurantes, entre otras. También se utilizan para abastecer a los sistemas de calefacción hogareños o industriales, climatización de piscinas y cocción de alimentos.

Componentes del sistema de ACS:

#### • Calefones solares:

##### • *Captador solar plano con cubierta transparente:*



Figura 3.1. Calefón solar de placa plana

Su funcionamiento se basa en el fenómeno del efecto invernadero. Está formado por una superficie de captación y tubos de circulación del fluido a calen-

tar, cubiertos por un material transparente y aislado térmicamente. La radiación solar atraviesa la cubierta transparente y es absorbida por la superficie de captación, la que luego emite la energía previamente absorbida en forma de calor, el que queda retenido bajo la superficie transparente. Esta energía absorbida es transferida al fluido que circula por los tubos en contacto con el captador, el que incrementa su temperatura. A fin de no perder calor, el captador se encuentra aislado térmicamente. La Figura 2 muestra un calefón solar tipo y un esquema de su funcionamiento,

• **Captador de tubos de vacío:**



Figura 3.2. Calefón solar de tubos de vacío

Consta de hileras paralelas de tubos de vidrio transparente. A su vez, cada tubo contiene en su interior

otro tubo con material absorbente por el que circula el fluido a calentar. El espacio que separa los tubos precitados está al vacío, a fin de minimizar las pérdidas de energía. La radiación solar atraviesa el tubo transparente y alcanza el tubo de absorción. El fluido que circula por éste último incrementa su temperatura como resultado del intercambio de energía entre ambos.

• **Tanque acumulador de agua caliente:** es un depósito destinado a la acumulación del agua caliente que va a ser consumida que cuenta con una entrada de agua fría (parte inferior del acumulador) y una salida de agua caliente (parte superior del acumulador).

En caso de tratarse

de un sistema indirecto, es decir que no se calienta directamente el agua a consumir, se localiza dentro del tanque acumulador un intercambiador. El acumulador también debe contar con un buen aislamiento que minimice las pérdidas de energía.

• **Intercambiador de calor:** en caso de tratarse de un sistema indirecto, se calienta un fluido térmico, el que luego transfiere calor al agua que será finalmente consumida. En estos casos, se necesita disponer de un intercambiador por medio del cual se transfiere el calor captado por el fluido térmico (circuito



Más información en

[www.facebook.com/unsolparatutecho](http://www.facebook.com/unsolparatutecho)  
[www.santafe.gov.ar](http://www.santafe.gov.ar)

primario) al agua (circuito secundario).

- **Tuberías:** conductos destinados a transportar los fluidos del sistema, deben contar con un aislamiento adecuado para minimizar las pérdidas de energía.

- **Bombas de circulación:** en algunos sistemas se utilizan para generar una circulación forzada a través de los captadores solares y aumentar su rendimiento, generalmente en las instalaciones diseñadas para abastecer demandas significativas de agua caliente.

- **Panel de control:** tiene como objetivo controlar la instalación, principalmente para que el ACS se mantenga a una determinada temperatura. Para viviendas unifamiliares o instalaciones sencillas se dispone de un termostato en el tanque de acumulación, en función del cual, se activa un sistema auxiliar de energía cuando la temperatura desciende por debajo del valor requerido.

Estas instalaciones requieren de sistemas auxiliares que cubran las demandas de energía cuando la temperatura desciende por debajo de los 40°C, temperatura de diseño que se adopta generalmente, ya sea durante días nublados o en momentos de uso intensivo. De esta manera, se complementan con otras fuentes de energía, generándose un ahorro en



## VENTAJAS

- **Instalación sencilla,** no requiere de mayor mantenimiento que el de una limpieza periódica de los colectores para mantener su eficiencia.
- **Viable técnica, ambiental y económicamente,** especialmente en aquellas regiones que usan gas envasado o electricidad para calentar el agua. Progresivamente, a medida que se retiren los subsidios al gas de red, se irá haciendo más atractivo y extendido entre los usuarios que disponen de gas natural, generándose un ahorro en el consumo de este recurso.
- **Larga vida útil:** aproximadamente del orden de los 25 años, con lo cual se garantiza la amortización total de la inversión inicial.
- Existen equipos ensayados por el INTI garantizando el **rendimiento** del mismo.
- **El dimensionamiento** en función del consumo requerido es relativamente sencillo.
- Existen **tecnologías para aguas duras.**

el uso de éstas últimas. Se estima que la inversión en un Sistema de ACS, se recupera por medio del ahorro de gas envasado o energía eléctrica en alrededor de 5 años.

Cabe mencionar cuál es la diferencia entre capta-

dor o colector solar y calefón solar. Los segundos cuentan con el tanque de acumulación incorporado al captador solar, en la parte superior del mismo. Los colectores o captadores, sólo hacen referencia a la superficie de captación por la que circula el fluido a calentar.

## ¿Qué se necesita para instalar un Sistema de ACS?

- Contar con un lugar para disponer los colectores solares orientados hacia el Norte.
- Evitar la proyección de sombras sobre los equipos.
- Que exista una altura entre el tanque de agua que

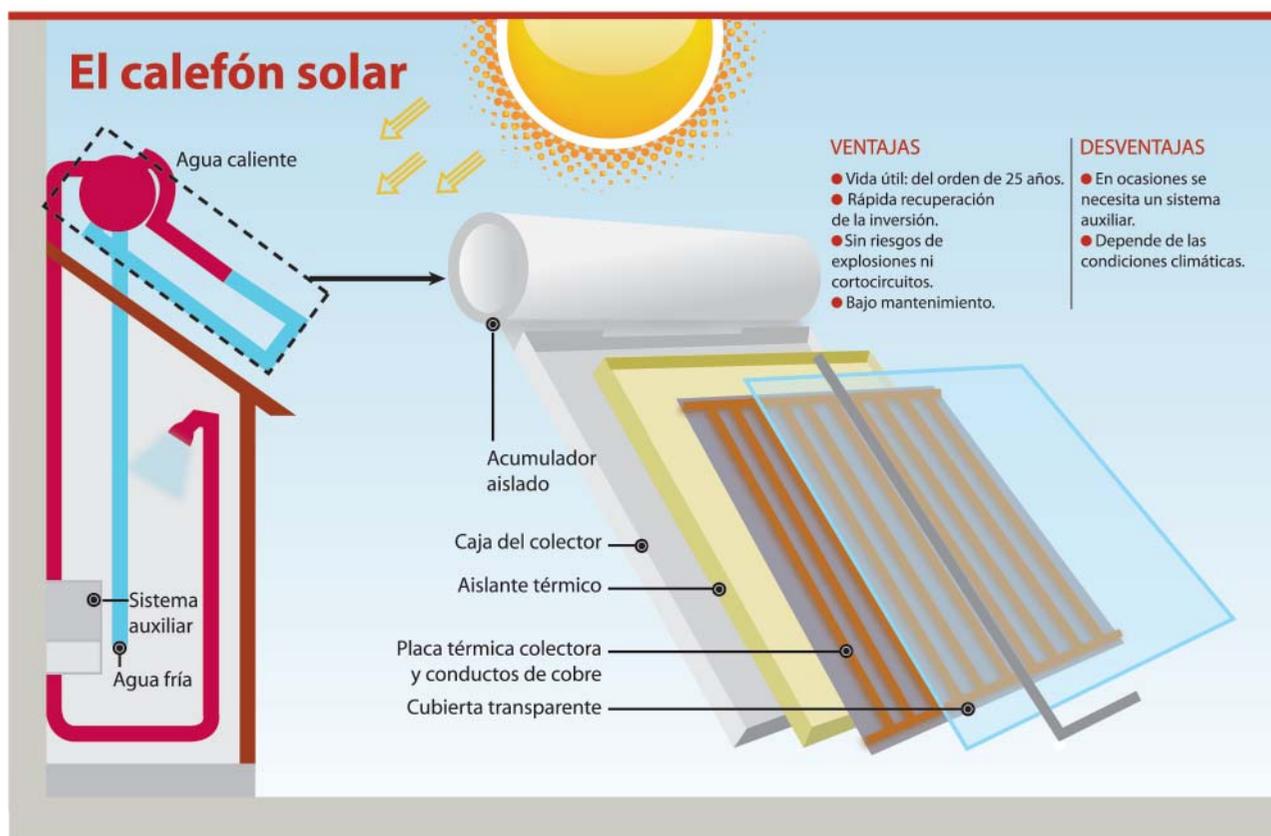


Figura 4. Componentes de un colector solar.

abastece a la red de la edificación adecuada con respecto al colector solar, para que el equipo trabaje a una presión adecuada. Es conveniente, no obstante, evitar un exceso de presión que dañe los componentes de la instalación. Se pueden prevenir estos inconvenientes por medio de válvulas y/u otros medios.

- En los edificios de cubierta plana se simplifica la instalación y el mantenimiento por la sencillez que presenta el acceso al techo.
- En las edificaciones con cubierta inclinada es posible la instalación del colector solar compensando la inclinación de la cubierta mediante la adaptación de la estructura metálica que soporta los colectores.

### **¿Qué se debe exigir en su adquisición e instalación?**

- Las partes metálicas del equipo, tales como la caja del colector, el colector o captador y el acumulador deberán ser galvanizadas, de aluminio o cualquier otro material inoxidable. Para las tuberías se deberá emplear cobre, acero galvanizado o materiales plásticos resistentes a las altas temperaturas y a la radiación ultravioleta.
- El material transparente que resguarda a la placa captadora en los calefones de placa plana, deberá ser resistente a la radiación ultravioleta.

· Las tuberías, por las que circula el agua caliente, deben tener el recorrido más corto posible y estar aisladas térmicamente.

### **¿Cómo se mantiene la instalación?**

- Limpieza de la superficie colectora: es conveniente hacer la limpieza periódicamente, para evitar que el polvo se acumule sobre el captador.
- Limpieza de toda la instalación: en zonas de aguas duras, cada cierto número de años, se debe hacer una limpieza a fin de retirar incrustaciones de los conductos.
- Durante períodos de vacaciones o en los que no se use el calefón solar, éste debe ser vaciado y cubierto.

## CLIMATIZACIÓN DE PILETAS

Por medio de colectores solares se puede calentar el agua de una pileta, produciendo un importante ahorro en el costo mensual de gas, cuyo esquema de funcionamiento se muestra en la Figura 5.

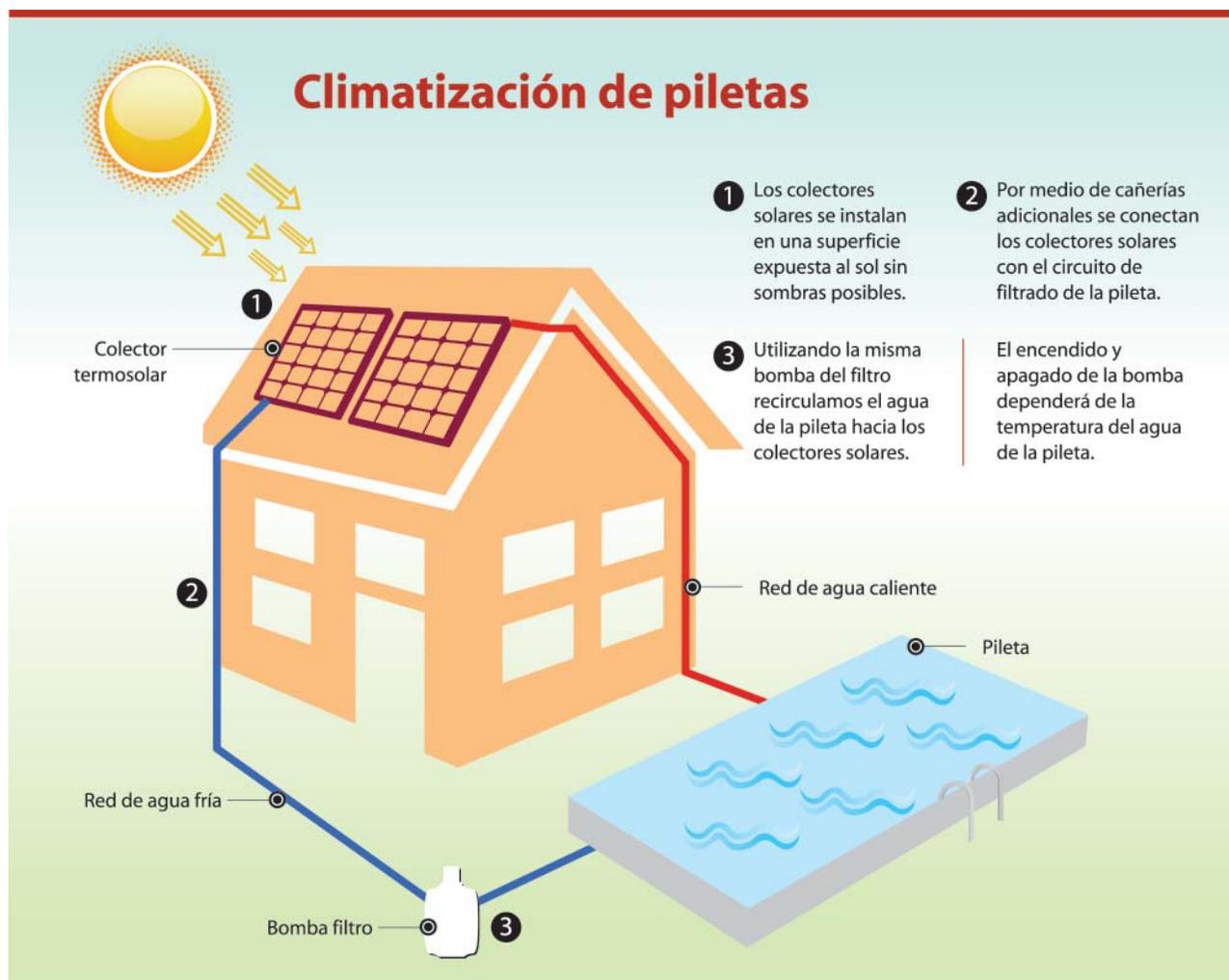


Figura 5. Esquema de funcionamiento de sistema de agua caliente solar para piletas

## Hornos y Cocinas Solares:

### ► HORNO SOLAR

El horno solar es una caja herméticamente cerrada con una tapa transparente, que permite captar la radiación solar y generar calor por medio del denominado efecto invernadero o trampa de calor.

Para reducir al mínimo las pérdidas de energía a través de

las paredes y el fondo de la caja, se debe colocar un aislante térmico de varios centímetros de espesor. A su vez, para la captación de mayor radiación solar, los costados de la tapa del vidrio pueden equiparse con reflectores planos.

El interior del horno está generalmente pintado de negro opaco, que absorbe el calor. Un buen horno solar

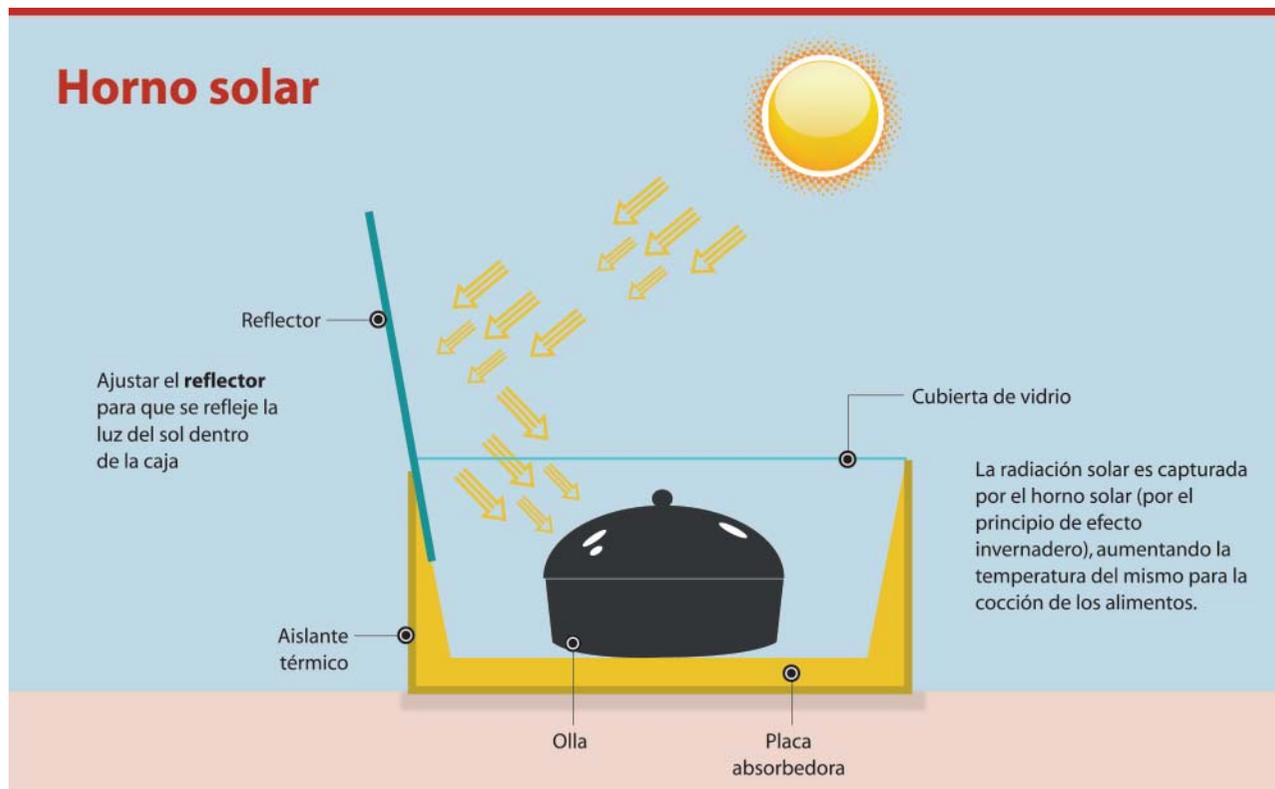


Figura 6. Funcionamiento del horno solar

puede alcanzar temperaturas de hasta 150°C.

Para hacer más cómodo su uso, el horno puede ser montado sobre un soporte elevado con ruedas, para facilitar el desplazamiento y orientación hacia el Sol.

En las Figuras 6 y 7 se muestran los componentes del horno solar. En el Anexo 1: "Materiales y métodos constructivos de equipos de aprovechamiento de energías renovables" se muestran las dimensiones de los diferentes componentes de un horno tipo.

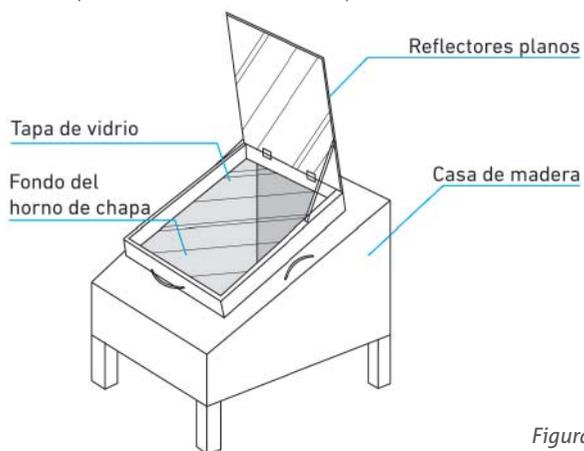


Figura 7  
Componentes de un horno solar

## ✓ VENTAJAS

- **Se evapora muy poca agua** al cocinar, ya que por tratarse de una cocción "a fuego lento" los alimentos, especialmente verduras y frutas conservan mejor los nutrientes y colores.
- **Es de costo bajo** y se puede fabricar fácilmente a partir de materiales reciclados.

## ► COCINA SOLAR PARABÓLICA

Las cocinas solares parabólicas tienen una estructura generalmente de metal compuesta por un soporte y una pantalla parabólica. El sistema es equipado con ruedas para poder desplazar la cocina con facilidad. La pantalla parabólica está fija al soporte, de manera tal de cambiar su inclinación de acuerdo al ángulo de incidencia del Sol. La superficie interior de la pantalla está cubierta por un material reflectante, que puede ser de tiras de una chapa especial de aluminio o compuesto de un gran número de pequeños fragmentos de espejo de vidrio. En el centro de la pantalla, ligeramente separada de la misma, se encuentra el soporte para los recipientes de cocción, cuyo tamaño y forma pueden variar de un modelo a otro, tal como se puede ver en la Figura 8.

La cocina para uso familiar, normalmente presenta una

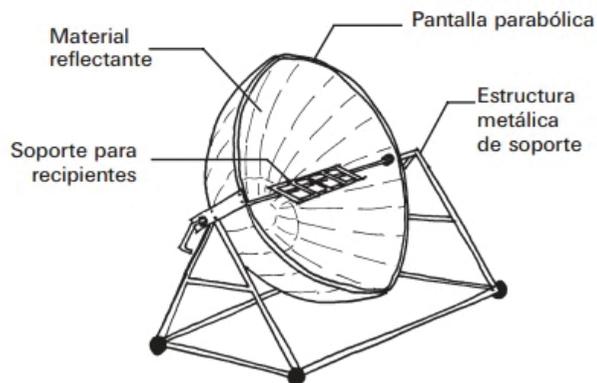


Figura 8. Componentes de una cocina solar parabólica.

pantalla parabólica de 1m a 1,5m de diámetro. Cuanto mayor es el diámetro, mayor es la radiación captada y en consecuencia una mayor capacidad de cocción. En el Anexo 1: "Materiales y métodos constructivos de equipos de aprovechamiento de energías renovables" se muestran las dimensiones de los diferentes componentes de una cocina parabólica plegable, de sencilla construcción. Existen también cocinas solares parabólicas de tamaño industrial para grandes cantidades de alimentos.



## VENTAJAS

- Variedad de comidas que se pueden preparar.
- Fácil uso y manejo.

### ► DESHIDRATADOR O SECADOR SOLAR

Es un dispositivo que aprovecha la energía solar para calentar aire, provocando por convección una corriente de aire caliente que circula entre los productos colocados en su interior, secándolos y arrastrando la humedad al exterior por una chimenea, tal como se presenta en la Figura 9.

Existen gran variedad de modelos y sistemas pero, en esencia, todos contienen las mismas partes fundamentales: un calentador solar que toma el aire por

unas tuberías situadas en la base del calentador y una cámara de secado a la que el aire caliente accede por convección, saliendo por una chimenea situada en la parte superior de la cámara. En el Anexo 1: "Materiales y métodos constructivos de equipos de aprovechamiento de energías renovables" se muestran las dimensiones de los diferentes componentes de un secador solar propuesto para frutas y hortalizas.

La deshidratación es una forma tradicional de conservar alimentos, que a diferencia de las conservas, utiliza temperaturas suaves lo que permite conservar intactas muchas propiedades alimenticias de los productos frescos.

Durante el secado, las temperaturas oscilan entre los 40°C y 70°C, destruyendo las bacterias y desactivando las enzimas. La temperatura ideal recomendada por los expertos es de 45°C, ya que más calor dificulta un secado completo del interior del producto por impermeabilización de la superficie. Lo que se pretende es reducir la humedad de los productos por debajo del 15% para hacerlos invulnerables al ataque de los hongos. Para ello se mantienen los productos durante un periodo prolongado, de uno a tres días, en aire seco a temperatura cálida.

Son muchos los productos que se pueden obtener por medio de la deshidratación:

- Pimentón, moliendo pimientos desecados.
- Frutos secos como higos, pasas de uva, ciruelas negras.
- Frutos desecados como manzanas, bananas.
- Hortalizas carnosas, desecadas, como tomates y pimientos.
- Plantas aromáticas como condimento, perejil, tomillo, romero.
- Plantas aromáticas como fase previa a la obtención de perfumes, lavanda.
- Semillas.
- Flores naturales secas para ornamentación.

## Secador solar

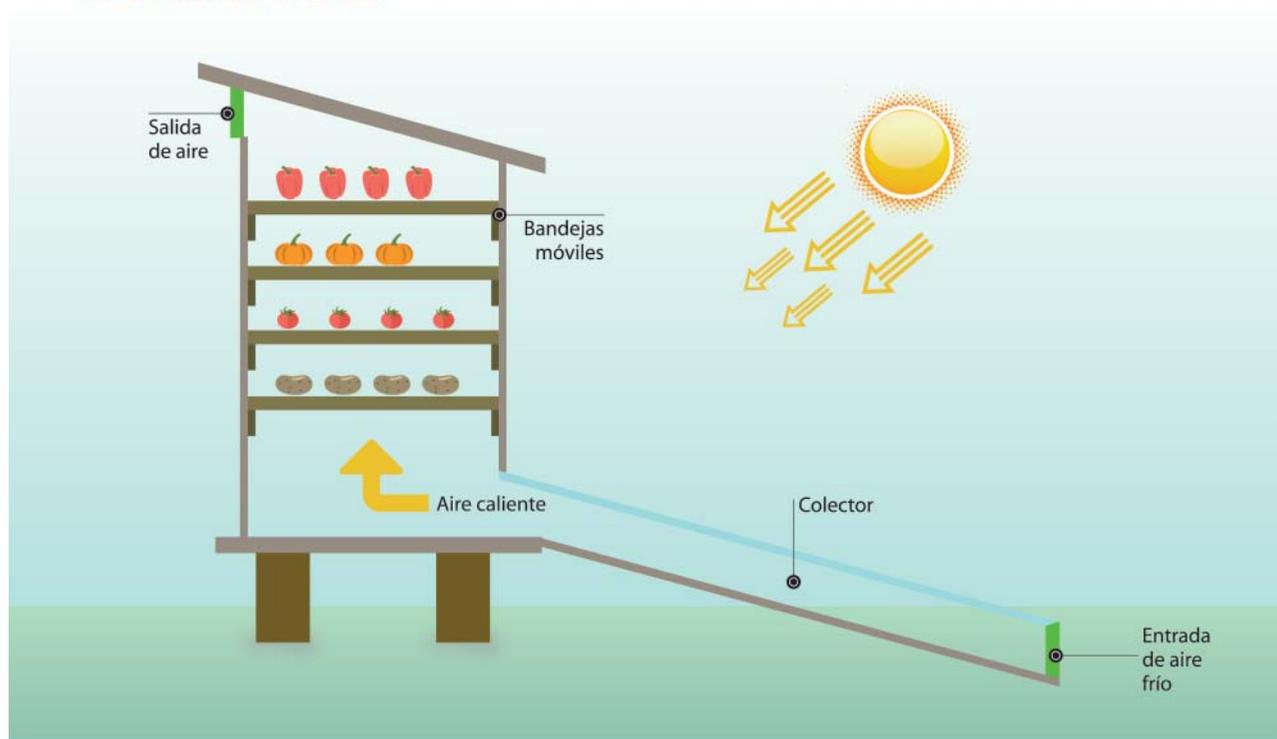


Figura 9. Esquema de funcionamiento de un secador solar.

### ▶ DESTILADOR SOLAR

Es un sistema simple y eficiente que puede ser aplicado en distintas escalas, desde destiladores domésticos para obtener los litros de agua diarios destinados al uso familiar (para higienización y limpieza, no para consumo porque este tipo de agua no es apta como tal), hasta grandes instalaciones como fábricas o edificios comunales o municipales. Permite reproducir de manera acelerada los ciclos naturales de evaporación y condensación del agua. De este modo,

quita las sales, elimina residuos de hongos, bacterias, virus y demás contaminantes.

En el Anexo 1: "Materiales y métodos constructivos de equipos de aprovechamiento de energías renovables" se muestran las dimensiones y materiales de los diferentes componentes de un deshidratador solar propuesto para un laboratorio.

## Destilador solar

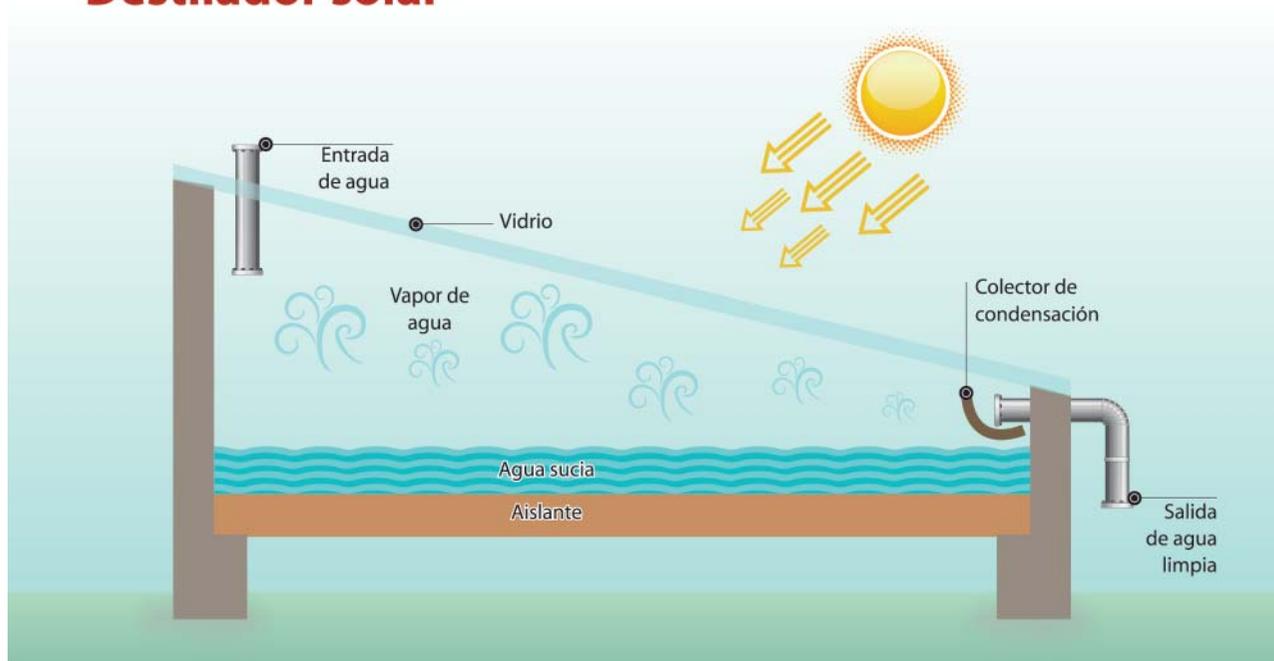


Figura 10. Esquema de funcionamiento de un destilador solar.

## e ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La Energía Solar Fotovoltaica consiste en aprovechar la radiación del sol para obtener energía eléctrica. Las celdas fotovoltaicas que conforman los módulos fotovoltaicos están compuestas de materiales que liberan electrones cuando la energía solar incide sobre su superficie, dando lugar a la aparición de una corriente eléctrica en cada celda fotovoltaica, multiplicándose esta corriente en mayor medida en función de la cantidad de celdas que tenga cada módulo o panel fotovoltaico.

### Componentes de un Sistema Fotovoltaico (FV)

#### Una instalación FV consta de:

- **Módulos FV:** en la actualidad existen diferentes tecnologías de módulos FV de silicio a saber: monocristalino, policristalino y amorfo. Hoy en día poseen un estado del arte maduro y tienen rendimientos entre el 14% y 16%. También se encuentra en desarrollo la denominada capa delgada, cuyo aprovechamiento energético se deriva de la superposición de láminas de diversos materiales.
- **Regulador de carga:** su función es la de evitar sobrecargas en las baterías, cortando la entrada de energía una vez que están completamente cargadas, a fin de evitar daños en la instalación, además

de impedir la descarga total de las baterías en períodos de radiación solar de baja intensidad.

- **Batería/acumulador:** se utilizan en instalaciones aisladas (autónomas) para almacenar energía que luego va a ser utilizada durante la noche.
- **Inversor:** es el elemento de la instalación cuya función es la de transformar la energía generada por los módulos FV en corriente continua (CC) a corriente alterna (CA). Usualmente permiten la conexión de electrodomésticos a 220VCA.
- **Cableado.**  
Si bien la conversión de energía solar en energía eléctrica requiere de equipamiento e instalaciones específicas, en la actualidad es una alternativa con grandes perspectivas que permite ser utilizada en una gran variedad de aplicaciones, a pequeña, mediana y gran escala.

Por ejemplo, tradicionalmente se utilizó para la electrificación o bombeo de agua en viviendas y/o escuelas rurales aisladas de la red eléctrica (ver Figura N°11 y Figura N°12) o incluso para actividades agropecuarias. Actualmente, la tecnología disponible resulta conveniente para abastecer instalaciones aisladas, así como también para usos urbanos, tales como señalización, alumbrado público, generación

distribuida en viviendas e industria, y de mayor escala como los Parques Solares Fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica e inyectarla a la red

de distribución de media tensión o en redes de baja tensión a través del Protocolo de Interconexión de la Empresa Provincial de la Energía Santa Fe.

## Bombeo fotovoltaico

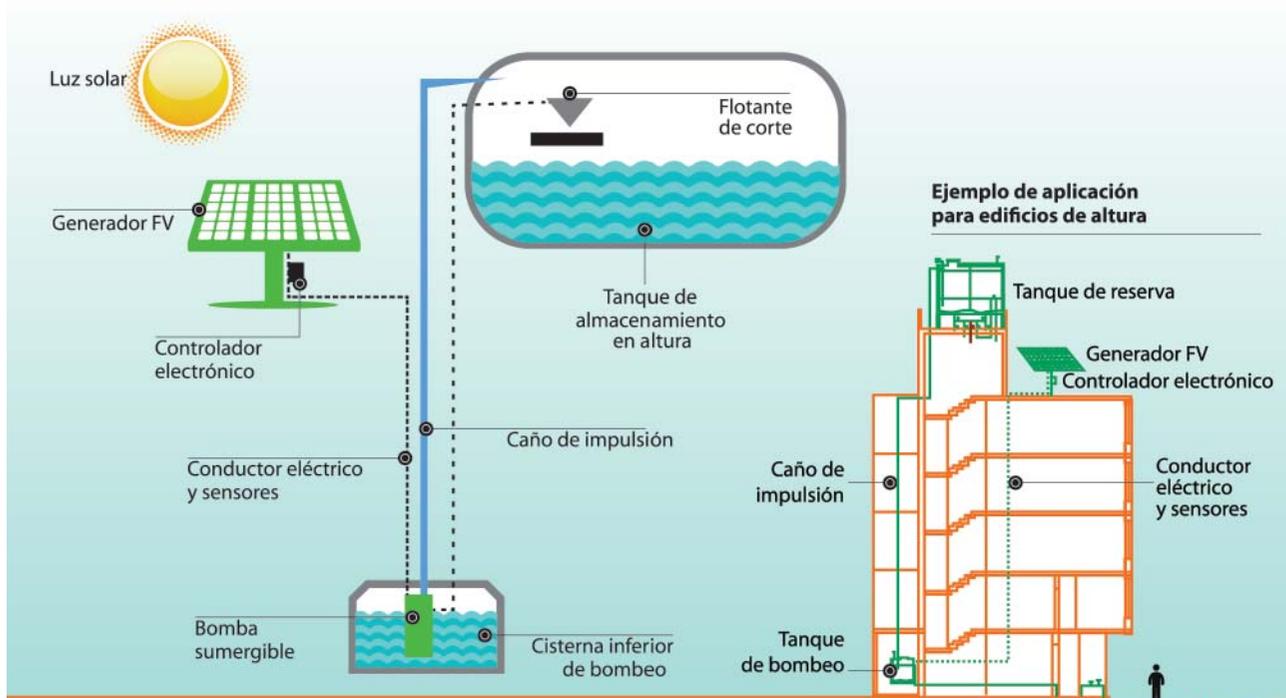
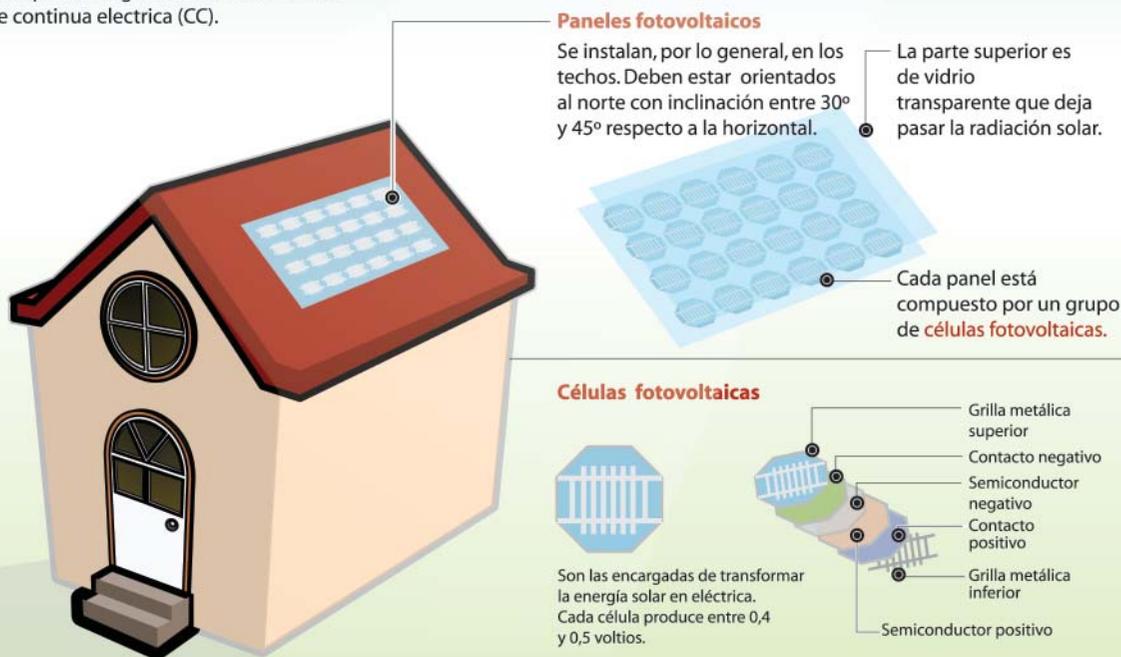


Figura 11. Uso domiciliario de módulos FV

## Energía solar fotovoltaica

### Efecto fotoeléctrico

El Sol es una estrella que posee una temperatura media de 5600 °C aprox., en cuyo interior se producen reacciones que liberan energía mediante la radiación solar. Algunos de los fotones que provienen de la radiación solar impactan en las celdas fotovoltaicas y liberan electrones de los materiales que la conforman. Los módulos fotovoltaicos poseen miles de celdas que producen electrones que dan lugar a la existencia de una corriente continua eléctrica (CC).



### Instalación fotovoltaica para el hogar

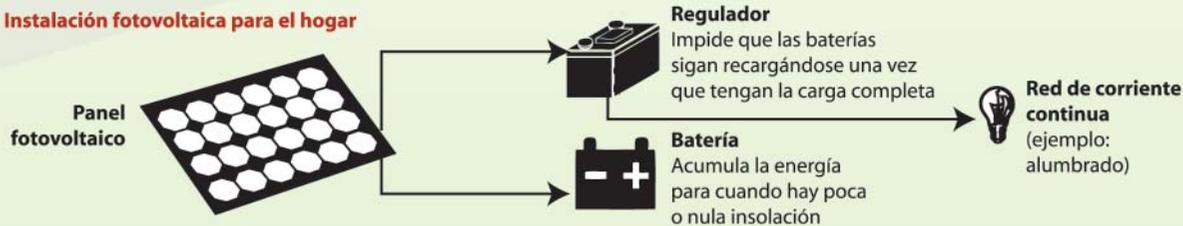


Figura 12. Componentes de los módulos FV

## ¿Cuánta energía genera un módulo FV?

La cantidad de energía eléctrica generada dependerá de la radiación solar en el lugar de emplazamiento, la eficiencia del módulo FV, así como también de la superficie y cantidad de módulos disponibles. En el Anexo N° 5 "Dimensionamiento sencillo de un sistema de energía eléctrica FV" se indican los pasos a seguir para un breve cálculo de sistemas fotovoltaicos.

## ¿Qué se debe tener en cuenta para su instalación?

Para su instalación se debe tener en cuenta:

- Los módulos se instalan sobre una estructura soporte, la que se puede fijar a suelo, amurar a la pared o techo.
- Inclinación adecuada con respecto a la horizontal, en función de la latitud del lugar.
- Orientación siempre al norte.
- Lugar lo más cercano posible al banco de baterías, si las hubiera.
- Evitar siempre las proyecciones de sombras sobre los módulos.



## VENTAJAS

- **Modularidad:** tienen pocos componentes, fácil de armar y desarmar, lo cual simplifica las tareas de mantenimiento y reparación.
- **Robustez:** los equipos por lo general se diseñan para soportar las condiciones ambientales a las que se exponen; asegurando una vida útil superior a 20 años.
- **Mantenimiento mínimo:** las tareas de mantenimiento requeridas son mínimas y sencillas.
- **No producen ruidos.**
- **No generan emisiones de gases** de efecto invernadero.
- **Autonomía:** aportan autonomía energética a la vivienda, local o emprendimiento en que se instalan.



Energía  
**EÓLICA**



# ¿Qué es la Energía EÓLICA

La humanidad comenzó a utilizar esta energía hace miles de años para impulsar las embarcaciones a vela y para mover los molinos de viento capaces de moler cereales y bombear agua.

## La energía eólica

es aquella obtenida del viento a partir de la transformación de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, en energía mecánica de rotación y posteriormente a través de un generador eléctrico en energía eléctrica, tal como se presenta en la Figura 13.

Este recurso energético es abundante, renovable y

limpio, contribuyendo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Nuestra Provincia posee un importante potencial para la explotación de la energía eólica, especialmente en la región sudoeste donde se presentan buenas condiciones gracias a los excelentes vientos existentes. Su aprovechamiento contribuye a generar cierta autonomía energética y a fomentar la



Figura 13. Energía eólica

capacitación y el empleo en las zonas y comunidades donde se desarrolle, aportando decisivamente al equilibrio social y económico interterritorial.

Los aerogeneradores se clasifican, según su potencia, en de alta, media y baja. Éstos últimos son de uso domiciliario, generalmente en viviendas, escuelas o instalaciones aisladas. En la Figura 14, se muestran sus principales componentes y características.

Los aerogeneradores comerciales o de uso más frecuente cuentan con un eje horizontal junto al cual giran 3 aspas con perfil aerodinámico. El viento incidente hace girar las aspas solidarias a un eje transformando la energía eólica (energía cinética de la masa de aire en movimiento) en energía mecánica de rotación.

El eje transfiere la fuerza mecánica a un generador eléctrico compuesto por enrollamientos de cobre fijos y móviles (bobinas). Otra tecnología muy utilizada actualmente introduce el uso de imanes permanentes de tierras raras (neodimio) que permiten sustituir parte de los arrollamientos de cobre.

El movimiento relativo entre ambas partes, móviles y fijas, produce la inducción de tensiones y corrientes (efecto Faraday), transformando la energía mecánica en eléctrica.

La corriente eléctrica así producida puede ser al-

macenada en baterías o inyectadas a la Red según la potencia de generación. Otra opción es inyectar la energía a la red distribuidora bajo el protocolo de conexión de la EPESF. En este caso, no hace falta almacenar la energía en baterías.

Las pequeñas instalaciones autónomas constan de los siguientes equipos:



Figura 14. Componentes de un aerogenerador de baja potencia.

## ¿Cuánta energía genera?

La cantidad de energía generada depende en gran medida del recurso eólico de la zona, el área de barri-

**i** Más información en [epe.santafe.gov.ar](http://epe.santafe.gov.ar)

## Los aerogeneradores

Son instalaciones que permiten aprovechar la energía del viento para producir energía eléctrica.

Existen dos grandes tipos:

- **De baja y mediana potencia:** se utilizan para abastecer a hogares aislados, pequeñas comunas o incluso instalaciones agropecuarias de reducida extensión, se suelen llamar también "micro aerogeneradores". Su potencia energética es de 0.5kW a 15 kW y de mediana potencia hasta 100kW.
- **De alta potencia:** se utilizan para conexión a red. Su potencia energética es a partir de 100kW hasta los actuales. Se suelen instalar formando los parques eólicos.

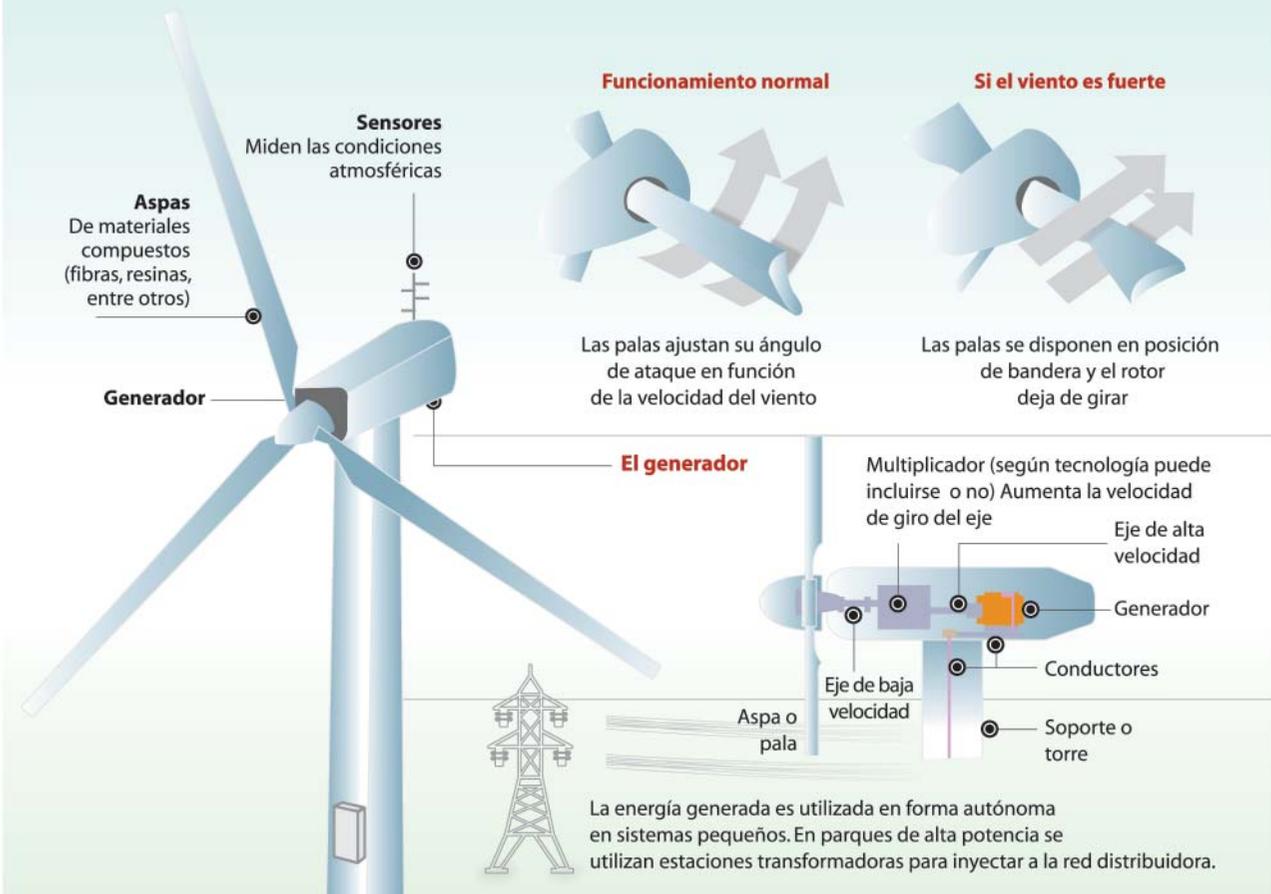


Figura 15. Los Aerogeneradores

do de las palas y la potencia del generador eléctrico. Los aerogeneradores con los que contamos hoy en día permiten aprovechar vientos que se encuentran entre los 4 y los 25 m/s de velocidad promedio.

## Instalación

Para la instalación de los equipos de baja potencia se debe tener en cuenta las siguientes premisas:

- Evitar obstáculos que puedan perturbar el flujo del viento.
- Cuanto mayor sea la altura del aerogenerador, mejor.
- Los aerogeneradores se instalan sobre una estructura soporte o torre, la que se puede fijar al suelo, amurar a la pared o al techo.



## VENTAJAS

- **Modularidad:** tienen pocos componentes, fácil de armar y desarmar cada pieza por separado, lo cual simplifica las tareas de mantenimiento y reparación.
- **Robustez:** los equipos por lo general se diseñan para soportar las condiciones ambientales a las que estará expuestos; asegurando una vida útil superior a 20 años, con el adecuado mantenimiento.
- **Simpleza:** el diseño es simple, a fin de que las tareas de mantenimiento sean mínimas y sencillas.
- **No generan emisiones** de gases de efecto invernadero.



## DESVENTAJAS

- El viento es un recurso con una probabilidad de ocurrencia variable.



Energía  
de  
BIOMASA



# ¿Qué es la Energía de BIOMASA

La Energía de la Biomasa es aquella producida a partir de la materia orgánica renovable de origen vegetal y animal.

### Llamamos materia

orgánica renovable debido a que las emisiones de dióxido de carbono generadas durante el aprovechamiento energético de la misma son equivalentes al dióxido de carbono previamente obtenido de la atmósfera para su generación. Según el proceso que intervenga, a su vez, la energía de la biomasa se puede aprovechar por:

**a) Combustión directa:** la materia orgánica puede ser acondicionada previamente (como es el caso de los pellets o briquetas), la combustión es llevada a cabo cumplimentando con los parámetros ambientales requeridos por la normativa vigente, a diferencia de la quema convencional (de baja eficiencia y generadora de emisiones contaminantes). Por medio de la combustión directa se puede obtener energía térmica y energía eléctrica.

**b) Biodigestión:** es el proceso por el cual ciertas bacterias digieren anaeróbicamente (en ausencia o deficiencia de oxígeno) residuos sólidos o líquidos orgánicos de origen industrial, rural, de servicios y/o domésticos o de cultivos especiales llamados "cultivos energéticos", produciendo "biogás", un gas combustible que puede aprovecharse para obtener energía térmica y energía eléctrica.

Por otro lado, la materia orgánica estabilizada que resulta del proceso, generalmente se destina a la fertilización de suelos.

**c) Obtención de biocombustibles:** son combustibles utilizados en motores de combustión interna. Éstos pueden ser: biodiesel, producido por una reacción química a partir de aceites vegetales, vírgenes o usados; o bioalcoholes, como el bioetanol, producidos a partir de la fermentación de azúcares. Es decir que se obtienen a partir de materias primas de origen agropecuario y agroindustrial o de desechos orgánicos. Para ser utilizados, éstos deben cumplir con los requisitos de calidad establecidos por la Secretaría de Energía de la Nación.

En la Figura 16 se presentan los diferentes rubros de actividades que generan residuos de biomasa, tipos de residuos y posibles aprovechamientos energéticos a partir de los mismos.

### ¿QUÉ SON LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS?

Los cultivos energéticos son plantaciones de crecimiento rápido que se realizan con el propósito específico de producir energía: térmica, eléctrica o mediante su transformación química en biocombustibles. Se trata de especies vegetales con una alta resistencia al ataque de plagas, requieren mínimos

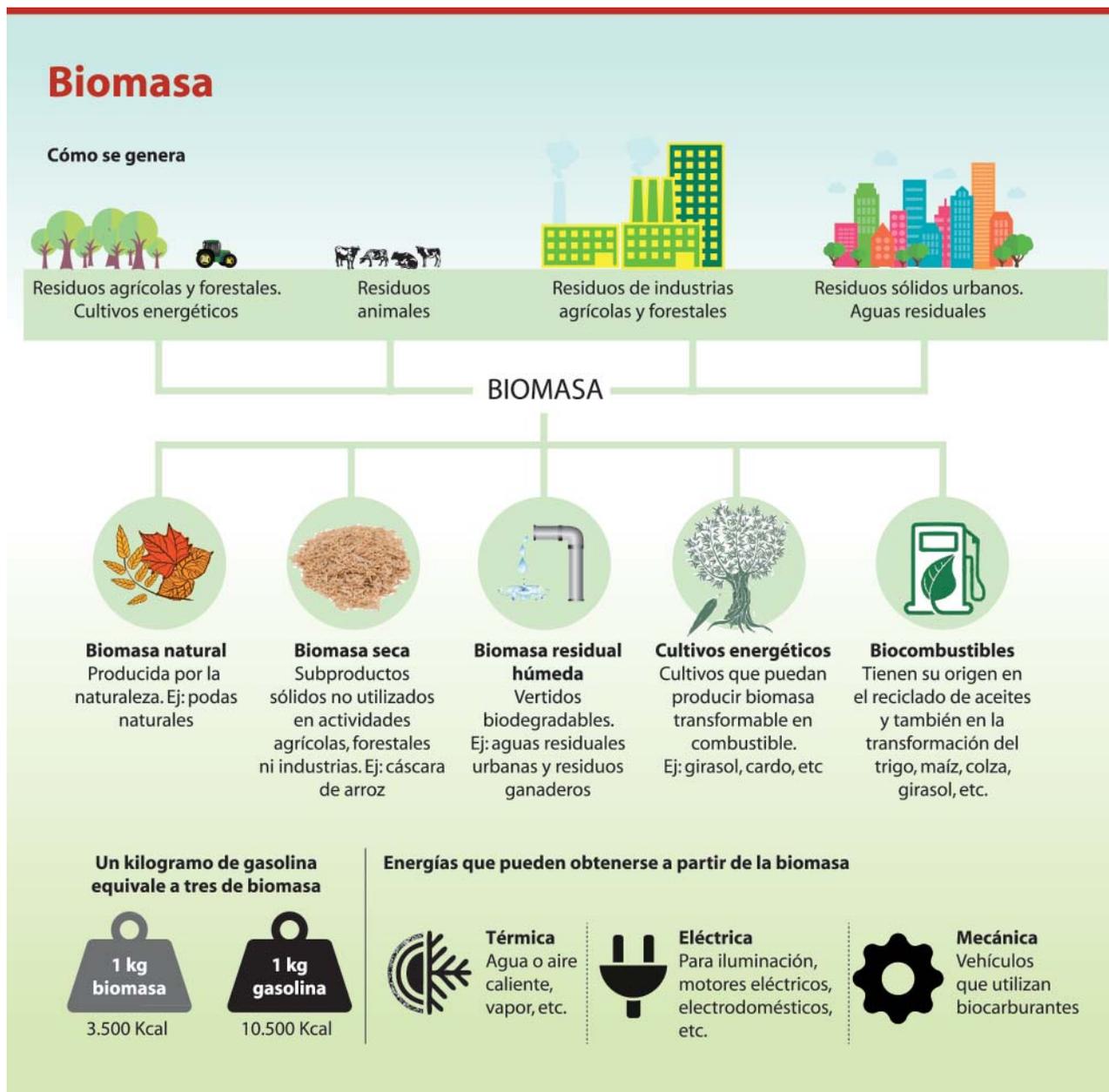


Figura 16

cuidados y cuentan con una alta eficiencia fotosintética y un ciclo vegetativo largo.

Desde el punto de vista energético, resulta conve-

niente dividir la biomasa en cuatro grandes tipos, según los procesos tecnológicos que se realicen para obtener energía a partir de ella:

<b>Recursos</b>	<b>→ Procesos</b>	<b>→ PRODUCTOS</b>	<b>→ ENERGÍA ÚTIL</b>
<p>Cultivos energéticos</p> <p><i>según origen</i></p> <p>Subproductos:</p> <p>agrícolas</p> <p>forestales</p> <p>ganaderos</p> <p>agroindustriales</p> <p>RSU</p>	<p><b>FÍSICOS</b></p> <p>Limpiado</p> <p>Densificado (peletizado, prensado)</p> <p>Reducción granulométrica</p> <p>Separación Granulométrica</p> <p>Secado</p> <p><b>TERMOQUÍMICOS</b></p> <p>Combustión</p> <p>Gasificación</p> <p>Pirólisis</p> <p><b>BIOQUÍMICOS</b></p> <p>Fermentación Aerobia</p> <p>Fermentación Anaerobia</p> <p><b>QUÍMICOS</b></p> <p>Transesterificación</p> <p>Reacciones químicas diseñadas para obtención de combustibles concretos</p> <p>Metanol</p> <p>Etanol</p>	<p><b>Biocombustibles sólidos</b></p> <p><b>Biocombustibles líquidos</b></p> <p><b>Biocombustibles Gaseosos</b></p>	<p><b>Energía eléctrica</b></p> <p><b>Energía térmica (calor/frío)</b></p> <p><b>Energía mecánica (transporte)</b></p> <p><b>Otros productos</b></p> <p><b>Principios activos</b> (medicina, etc.)</p> <p><b>Aditivos industria alimentaria</b> (proteínas, antioxidantes, etc.)</p> <p><b>Industria fitosanitaria</b> (fertilizantes, etc.)</p>



Figura 17. Tabla. Cultivos de colza

## ¿QUÉ APLICACIONES PODEMOS INTEGRAR?

La Provincia de Santa Fe por ser una región en la que predominan industrias de tipo agropecuario y alimenticio, se convierte en una zona singular para la inversión y el desarrollo de esta energía, gracias a la alta y constante generación de residuos constituidos por biomasa. Por este motivo, la bioenergía constituye una atractiva opción para que sectores como el agropecuario puedan incursionar en esta temática, aprovechando los residuos que produce su propia actividad y obteniendo un ahorro en su proceso productivo. Es importante indicar que además posee un gran potencial de desarrollo en plantaciones energéticas a lo largo de toda nuestra región.

### **e** SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

El biogás es un fluido combustible compuesto por un 60%, aproximadamente, de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y el resto de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros compuestos en pequeñas proporciones, que puede ser utilizado tanto para la obtención de energía térmica, como para la generación de electricidad.

Su aprovechamiento se puede hacer en instalaciones domiciliarias, para usos domésticos: hornallas

de cocinas; como así también en instalaciones industriales: calderas para la generación de vapor o para calentar agua para el proceso productivo y/o tareas de limpieza, entre otros usos.

Otra alternativa es aprovechar el biogás generado para producir energía eléctrica, por medio de generador o turbina a gas metano.

Resulta una forma de aplicación muy apta para actividades que generan gran cantidad de residuos orgánicos biodegradables constituidos por biomasa húmeda, tales como restos de frutas y verduras, Fracción Orgánica De Los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), efluentes con alto contenido orgánico, como los de tambos e industrias lácteas, siendo la cuenca lechera en el oeste de nuestra Provincia un sector con importantes oportunidades para su desarrollo. Además, dado que existe gran cantidad de establecimientos rurales que no poseen conexión a la red de gas natural, el tiempo de recupero de la inversión es más asequible.

## ¿Cómo se produce el biogás?

El biogás es generado a partir de procesos bioquímicos de fermentación de la materia orgánica. A través de la acción de bacterias anaeróbicas, que actúan en ausencia de oxígeno, ésta se descompone y se ob-

tienen dos productos como resultado del proceso: biogás y materia orgánica “estabilizada”.

Este proceso se realiza en un reactor denominado biodigestor. Éste es un equipo cerrado herméticamente para impedir el contacto del material a degradar en el interior con el oxígeno del exterior. En él ingresa la materia orgánica (los residuos orgánicos biodegradables) y permanece el tiempo necesario para que las bacterias la puedan procesar.

Los microorganismos que intervienen necesitan ciertas condiciones para su correcto funcionamiento, fundamentalmente un determinado rango de temperatura y grado de acidez (pH) del medio. Por ello, el éxito de un biodigestor (y su óptimo rendimiento de conversión de la materia a biogás) depende del control de estos parámetros. No es una tecnología de difícil mantenimiento ni operación, pero sí es importante que los operadores del sistema conozcan ciertas reglas para lograr su buen desempeño.

### Componentes del Sistema

Si bien hay varios modelos de biodigestores, todos básicamente cuentan con los siguientes componentes:

- Cámara de carga de la materia orgánica a tratar.
- Cámara de digestión: donde se produce la biodiges-

ción por acción de las bacterias.

- Gasómetro: en el que se acumula el biogás generado y se eleva la presión.

- Cámara de descarga de la materia orgánica tratada.

Los mismos se muestran en la Figura 18.

Las tecnologías de biodigestores más habituales son:

#### • **DE MEZCLA COMPLETA:**

La característica principal de este tipo de digestor es que la concentración de cualquier sustancia es parecida en todos los puntos del volumen del mismo. Esta distribución uniforme se logra con un sistema de agitación.

La tipología más utilizada es la de cilindro vertical de hormigón. La alimentación se suele realizar de forma continua o semicontinua.

El proceso se realiza por vía húmeda, lo que supone menos del 10% de concentración de materia seca en el interior del digestor.

La mayoría de los digestores trabajan con temperaturas en rango mesofílico, es decir, en torno a los 35°C. Otra alternativa es trabajar alrededor de los 55°C, que aumenta la producción de biogás para un mismo tiempo de retención de la materia orgánica en el reactor pero requiere mayor control y seguimiento.



## VENTAJAS

- Presenta un **funcionamiento simple**, con un **costo reducido** y puede operar tanto en continuo como en discontinuo.



## DESVENTAJAS

- Uno de los condicionantes es el tiempo de retención requerido, dado que cuanto mayor sea éste, mayor será el volumen del reactor y el riesgo de formación de costras. Además, para los trabajos de mantenimiento del sistema de agitación y de calefacción (en caso de trabajar con rango de temperatura elevados), se requiere evacuación completa del digestor.

### • DE FLUJO PISTÓN:

Se trata de digestores cilíndricos u horizontales construidos en hormigón o acero.

Se suele disponer de un sistema de agitación lenta, por medio de palas, que además tienen la función de favorecer el desplazamiento del material hacia la salida (en el caso de digestores horizontales). En los de flujo pistón vertical (cilíndricos), el mezclado puede realizarse de forma mecánica (mediante palas) o

hidráulica, por inyección del biogás a presión desde la base del reactor.

La alimentación es continua o semicontinua, introduciéndose el material por un extremo y extrayéndose por el extremo contrario, existiendo por tanto un gradiente de concentración a lo largo del reactor.

El proceso de biodigestión permite mayores concentraciones de sólidos totales que la alternativa anterior, entre 20% y 40%.

La temperatura de funcionamiento puede estar en el rango mesofílico (35°C a 40°C) o termofílico (55°C a 60°C).



## VENTAJAS

- Este sistema requiere un **menor tiempo de retención** y, por lo tanto, menor volumen de digestor.



## DESVENTAJAS

- La inversión por unidad de volumen es mayor que la alternativa de mezcla completa.

## Componentes y funcionamiento de los biodigestores

● Son recintos en forma de tanque.

● Poseen una boca de ingreso en la que se deposita el recurso biomásico que será utilizado

● Cuando ingresa la materia orgánica se produce la transformación de biomasa en gas metano

● Esto genera biogás y biofertilizante (como un subproducto)

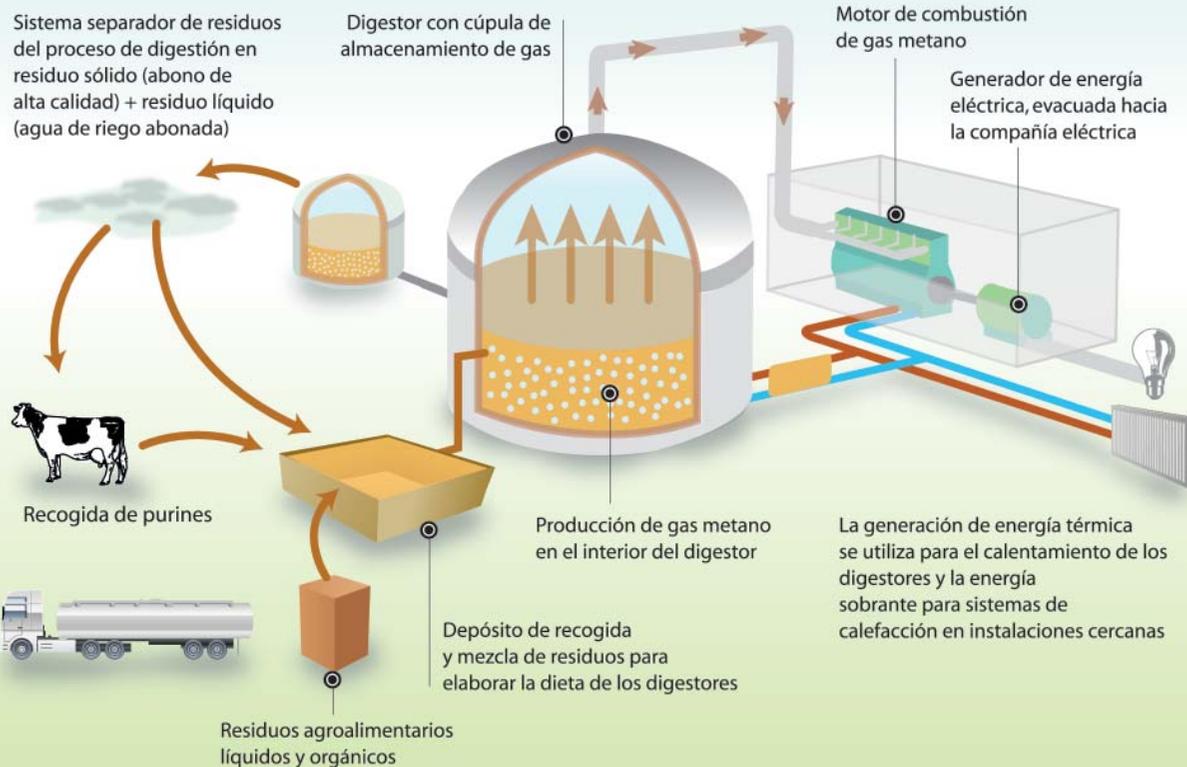
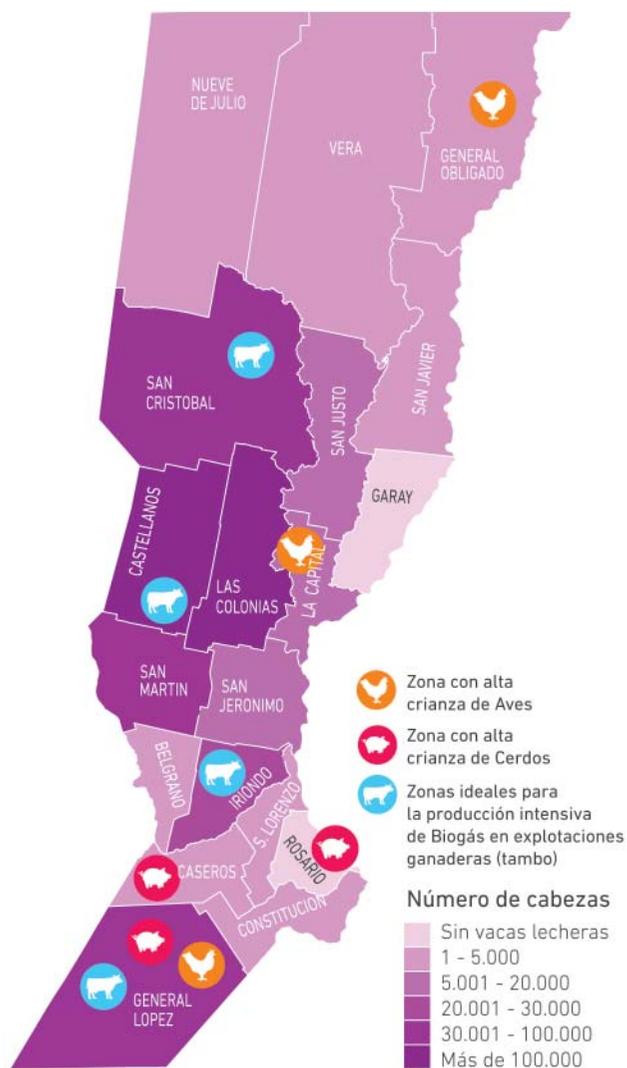


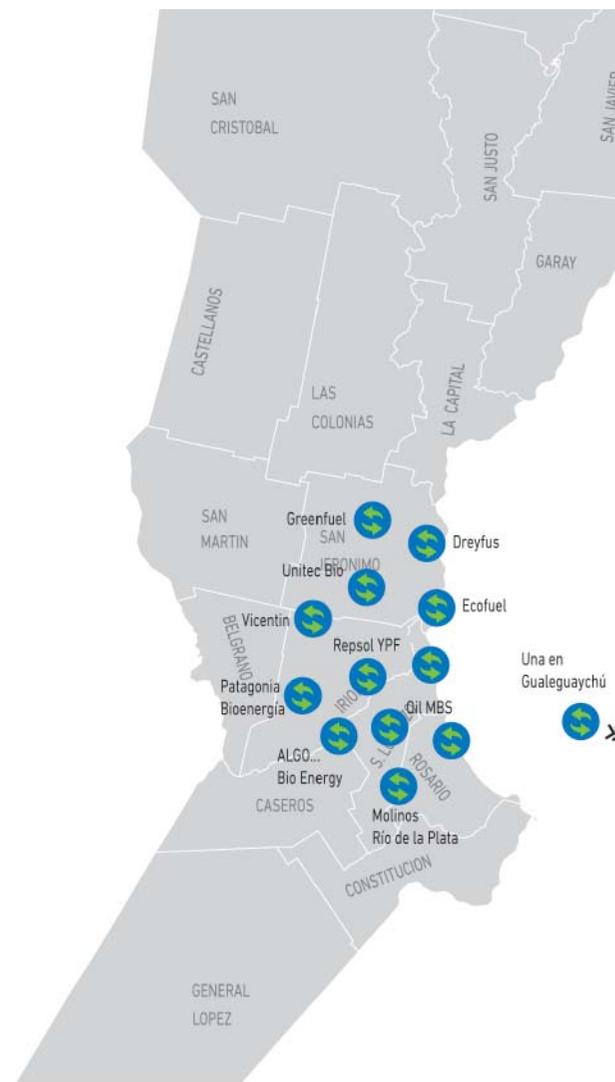
Figura 18. Componentes y funcionamiento de los biodigestores

En las Figuras 19 a 21, se presentan mapas de distribución de los establecimientos de tambos, cría de

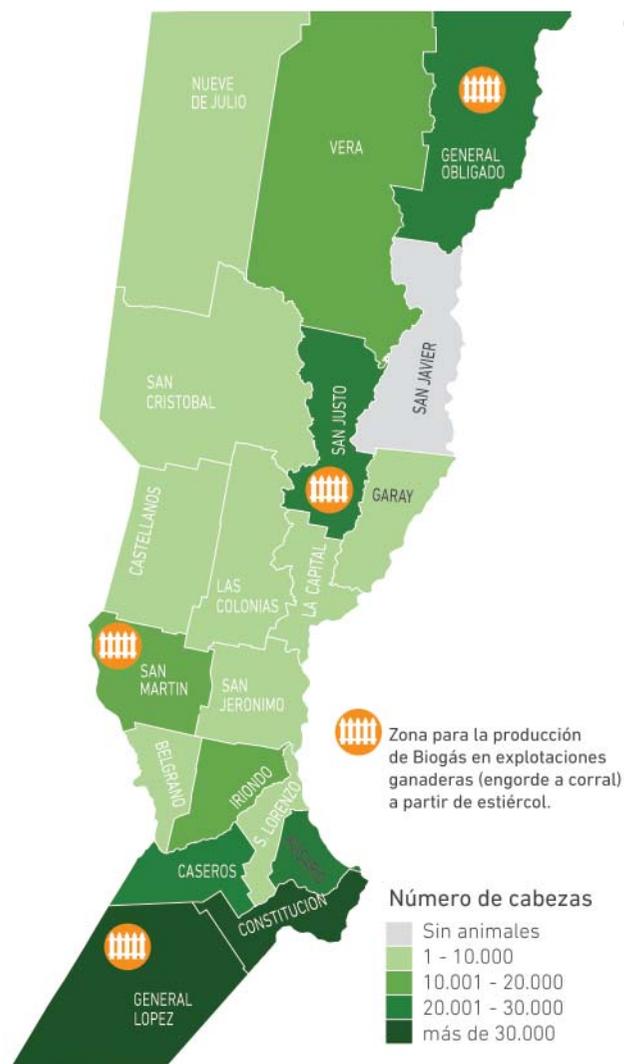
ganado vacuno y porcino, producción avícola y de biocombustibles



Fuente: INTA, SENASA, 2010  
 Figura 19. Mapa de Distribución de tambos y cría de ganado porcino y aves.



Fuente: CADER  
 Figura 20. Distribución de Plantas de Biodiesel.



Fuente: Antuña, J; Rossanigo, C; Arano, A. 2010.  
 Figura 21: Mapa de Concentración de bovinos de engorde a corral

## e SISTEMAS DE COMBUSTIÓN EFICIENTE DE BIOMASA

La combustión es el más sencillo y ampliamente conocido método de utilización de la biomasa, tanto en el pasado como en el presente.

Permite obtener energía térmica, ya sea para usos domésticos (cocción, calefacción) o industriales (calor de procesos, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una máquina).

Las tecnologías utilizadas para la combustión directa permiten aprovechar la biomasa seca y abarcan un amplio espectro, que va desde el sencillo fogón a fuego abierto (aún utilizado en vastas zonas para la cocción de alimentos) hasta calderas o estufas de alto rendimiento utilizadas en la industria.

Para hacer un uso sustentable del recurso, se debe tener en cuenta la tasa de renovabilidad, de manera tal de hacer un uso adecuado. A su vez, la combustión debe realizarse bajo los parámetros requeridos para cumplir con la normativa ambiental vigente.

Una estufa del tipo Rocket es un sistema de calefacción de ambientes innovador y eficiente que funciona muy bien con pequeños trozos de madera, como los procedentes de restos de poda, material habitualmente de descarte y con el cual no funcionan correctamente las estufas convencionales.

Estas estufas permiten generar energía térmica a partir de biomasa seca como restos de poda, leña, pellets de madera, etc. Se consideran de alta eficiencia porque transforman en combustible todos los gases de combustión de la leña que

Más información en  
[www.santafe.gov.ar](http://www.santafe.gov.ar)



las alimenta, produciéndose ésta en

una cámara a alta temperatura, y su acumulación posterior en un banco térmico, lo que permite aprovechar hasta el 70% de la energía contenida en la madera, que luego se transfiere en forma de calor al interior del ambiente a calefaccionar. Un hogar a leña común sólo transfiere el 30% y el resto se pierde por la chimenea.

Estos sistemas, además de la calefacción, tienen otros usos domésticos, tales como cocina y secado; resultan una alternativa especialmente dirigida para hogares, edificios y grupos de varias viviendas.

Actualmente, en el mercado existe una amplia gama de alternativas de estos sistemas que pueden ajustarse a las necesidades de los distintos usuarios, desde viviendas unifamiliares hasta grandes bloques de edificios y desarrollos urbanísticos. Por sobre todo, son estufas de construcción sencilla, lo que las vuelve una alternativa para la autoconstrucción por parte de los usuarios.

***Los municipios y comunas pueden organizar sistemas de recolección diferenciada y centros de distribución de los residuos de poda y escamonda para reutilizarlos, en lugar de destinarlos a rellenos sanitarios o vertederos.***

## ¿Cómo funcionan las estufas tipo Rocket?

Se trata de modelos construidos con adobe y ladrillos. Estas instalaciones están conformadas por varias cámaras que permiten que se queme por completo la bioma-



## Estufa de biomasa tipo Rocket

Las estufas de biomasa son instalaciones que permiten aprovechar la biomasa seca (restos de poda, astillas de madera, residuos secos producidos en fábricas de amoblamientos) para producir energía térmica de forma eficiente.

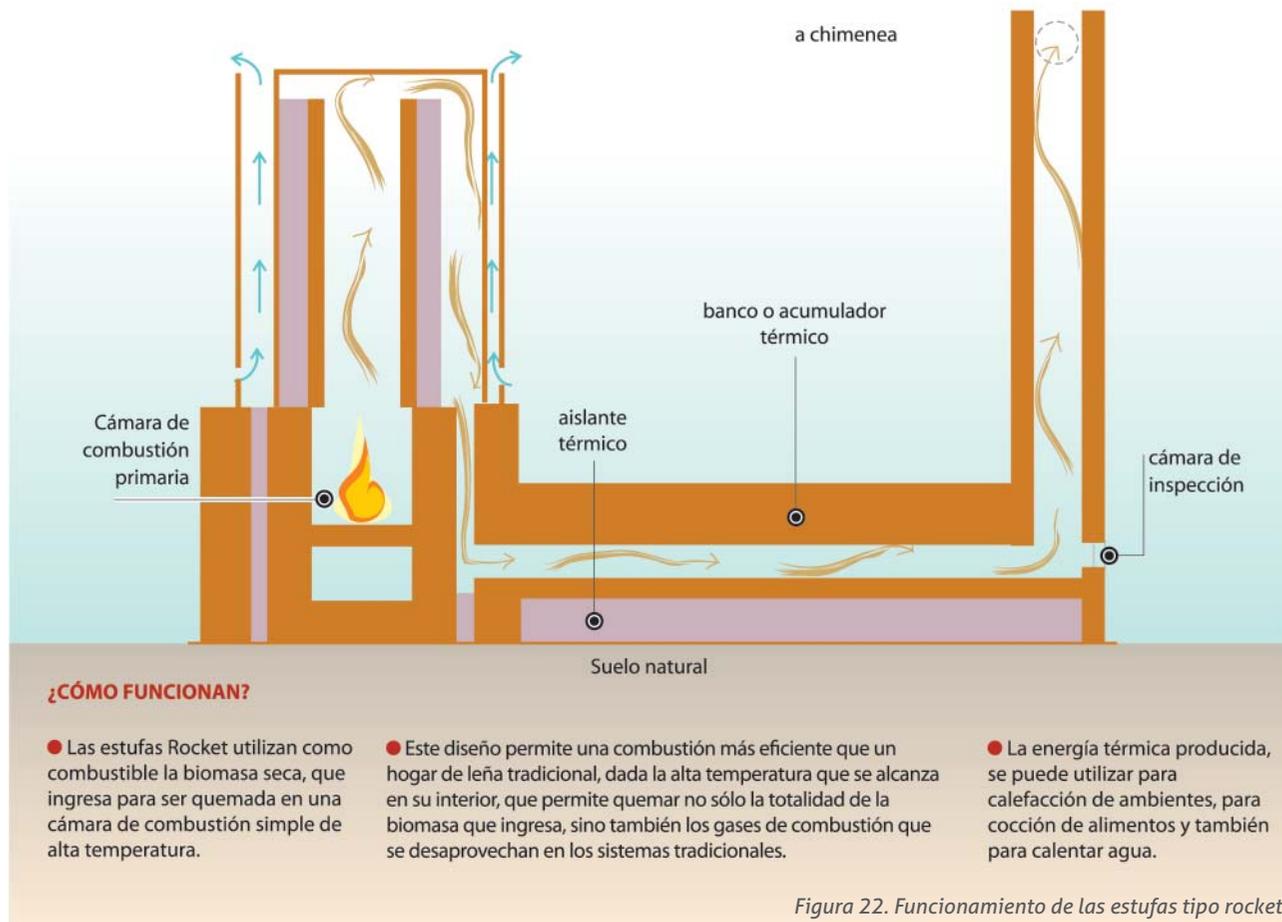


Figura 22. Funcionamiento de las estufas tipo rocket

sa que ingresa, de forma segura y sin que la llama tenga contacto con el exterior de la estufa. La diferencia principal entre las estufas de biomasa y las tradicionales a

leña, es que las primeras ofrecen combustión completa, por ello son denominadas estufas de alta eficiencia. Su funcionamiento se muestra en la Figura 22.

## **e** BIOCOMBUSTIBLES

Tal como se menciona precedentemente, los biocombustibles se clasifican en:

• **Bioetanol:** se puede usar en lugar de la nafta o mezclado en determinada proporción con ésta, se produce mediante la fermentación de azúcares o almidón.

• **Biodiesel:** se puede utilizar en lugar del gas-oil o mezclado en determinada proporción con éste; se obtiene a partir de aceites vegetales vírgenes o usados, procedentes de plantas oleaginosas, tales como la colza, la soja o el girasol.

La producción de biocombustibles tiene el potencial de sustituir cantidades significativas de combustibles fósiles usados por los medios de transporte y/o procesos industriales.

### ¿Cómo se produce el biodiesel?

El aceite utilizado para la producción de biodiesel puede tener dos orígenes:

• **Aceites vírgenes procedentes de cultivos energéticos.** A partir de estos cultivos, se cosechan sus semillas, con las que se producen aceites que serán utili-

zados en el ciclo de producción de biocombustibles.

• **Aceites vegetales utilizados (AVUs):** restos de aceites usados en viviendas domiciliarias, centros gastronómicos, cocinas industriales, hospitales, hoteles, etc.

El aceite usado se traslada a plantas de tratamiento de residuos orgánicos, en las que se recicla y limpia, mediante diferentes procesos de presión y filtrado, para quitarles las impurezas y humedad. El aceite limpio es llevado a la planta de biodiesel. En la planta, mediante un proceso llamado de transesterificación, los aceites se combinan con un alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente dando como resultado un compuesto orgánico llamado éster metílico. Adicionalmente, y como subproducto del proceso, se genera glicerina, usado en la industria cosmética y farmacéutica.

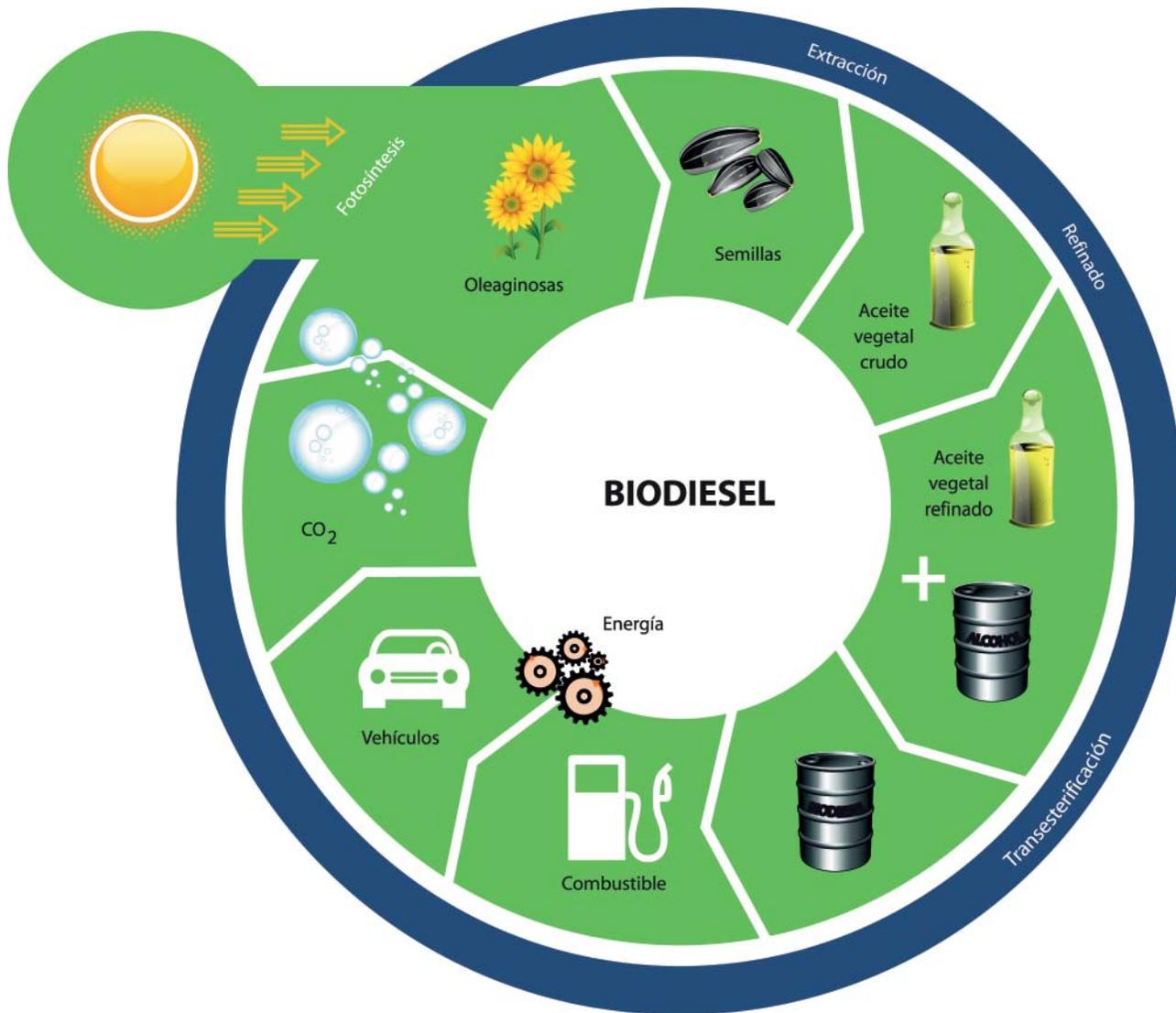


Figura 23. Ciclo del biodiesel

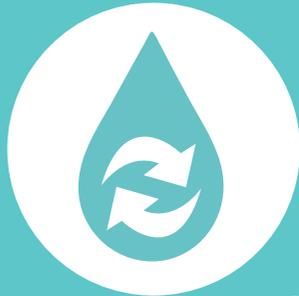


## VENTAJAS

- El biodiesel resulta un combustible más lubricante para los motores, dado que procede de aceites vegetales, alargando su vida útil y generando menores emisiones de ruidos.
- Es un combustible menos contaminante que otros carburantes.
- No contiene aditivos, tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos y otros, los que son sustancias contaminantes.
- Presenta un ciclo de carbono neutro, reduciendo el impacto sobre el ambiente en cuanto a emisiones de GEIs.
- Permite reutilizar residuos de aceites que pueden ser altamente contaminantes en caso de ser gestionado de manera incorrecta.
- Se agrega en determinada proporción a los combustibles usados en los vehículos según la normativa vigente que requiere un corte obligatorio y progresivo de naftas y diesel con biocombustibles.



Energía  
MINIHIDRAÚLICA



## ¿Qué es la Energía MINIHIDRAÚLICA

Desde finales de siglo XVIII, la utilización de los recursos hídricos ha sido una de las formas más extendidas de producción de energía eléctrica. Sin embargo, hace pocos años que se le ha atribuido el valor añadido de los beneficios ambientales que supone su menor impacto en cuanto a la no emisión de sustancias contaminantes, en oposición a la energía obtenida por medio de la combustión del carbón o el petróleo.

### La energía hidroeléctrica

consiste en la conversión de la energía potencial gravitatoria contenida en los saltos de agua en energía eléctrica, comprende tanto los aprovechamientos llamados de acumulación (agua embalsada por un dique) como los denominados “de paso” (o de agua fluyente).

Las tipologías más extendidas son:

- De embalse, con central a pie de presa.
- De pasada y alta caída, que aprovechan la pendiente del terreno.
- De pasada y baja caída, construidos en ríos de llanura y canales de riego.

Los aprovechamientos de pasada no requieren de grandes reservorios, son una fuente de energía renovable y amigable con el ambiente, ya que no implican la generación de residuos y/o efluentes, ni la emisión de GEIs a la atmósfera.

En la Figura 24 se presenta el Mapa físico de la Provincia, en el que se pueden ver los diferentes sistemas fluviales existentes.



### VENTAJAS

- Generación de energía eléctrica limpia, económica y renovable.
- Sustitución de combustibles fósiles y ahorro de emisiones a la atmósfera.
- Posibilidad de beneficios adicionales, como riego, agua potable, turismo y recreación.
- Larga vida útil.
- Empleo de recursos y mano de obra local, tanto para la construcción de las obras civiles como para el abastecimiento de insumos y del equipamiento hidroelectromecánico, así como también para la etapa de operación.



### DESVENTAJAS

- Cuando se requiere embalse de agua se necesita realizar estudios ambientales para prevenir potenciales impactos sobre el ecosistema.



## ¿Qué es un Pequeño Aprovechamiento Hidroeléctrico (PAH)?

Un PAH comprende una Central Hidroeléctrica de pequeña escala que (dependiendo de su potencia) puede abastecer de energía tanto a la red pública como a una pequeña vivienda o establecimiento rural alejado de la red de distribución.

En este sentido, los pequeños emprendimientos se caracterizan por no requerir los prolongados estudios técnicos, económicos y ambientales asociados a los grandes proyectos, y se pueden iniciar y completar más rápidamente, lo que los torna una opción de abastecimiento viable en aquellas zonas y regiones no abastecidas por los sistemas convencionales.

De acuerdo al "Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía para Producción Eléctrica", la categoría de pequeño cliente corresponde en Argentina a centrales hidroeléctricas de hasta 30 MW de potencia, y esa categoría incluye también las plantas mini y micro que usualmente abastecen sistemas aislados y pequeños consumos dispersos. La potencia máxima de los PAH varía según los diferentes países.

Además de la potencia instalada, se pueden clasificar

según la altura del salto de diseño, tal como se muestra en el siguiente Cuadro.

### CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

DE ACUERDO A LA POTENCIA INSTALADA	
Categoría	Rango de Potencias (kW)
Pico central	0-5
Micro central	5-50
Mini central	50-500
Pequeña central	500-3.000
Mediana central	30.000-50.000
Gran central	Mayor a 50.000
DE ACUERDO AL DISEÑO	
Categoría	Salto (m)
Baja caída	2-30
Media caída	30-100
Alta caída	Mayor a 100

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación.

Una instalación hidroeléctrica consta de los siguientes componentes:

- **Sistemas de toma de agua.**
- **Sistemas de filtración**, para la eliminación de cuerpos en suspensión en el agua.
- **Sistemas de conducción de las aguas** formados por canales o conductos forzados según la orografía y por consiguiente la tipología de instalación, con un mayor o menor salto.
- **Edificio central**, que contiene los sistemas electromecánicos: grupo turbina alternador, transformador, contadores, cuadros eléctricos y sistemas de control.

- **Sistemas de restitución de las aguas** al curso de agua principal.



## VENTAJAS

En comparación con los grandes proyectos y en virtud de sus características de generación distribuida, los PAH representan:

- Menores períodos de desarrollo de proyecto y construcción.
- Menores montos globales de inversión.
- Bajo impacto ambiental:
  - Energía limpia: no produce emisiones contaminantes.
  - La regulación del volumen de agua permite controlar el riesgo de inundaciones.

- Si bien se consideran de bajo impacto ambiental, debe realizarse un Estudio de Impacto Ambiental de cada proyecto en particular.

- Posibilidad de promoción del desarrollo local: generación de puestos de trabajo, directos e indirectos, fabricación, montaje y explotación se traduce en creación de empleos, la demanda de bienes que genera este sector también crea empleos indirectos.

- Bajos costos de explotación y avanzada tecnología permiten que los recursos hídricos disponibles puedan ser utilizados de manera eficiente.

- Las minihidráulicas tienen la ventaja de producir energía a nivel local cerca de la zona en la que se consume.

- Tecnología suficientemente desarrollada.

## Energía minihidráulica

Es la energía eléctrica generada a partir de un pequeño salto de agua.

Para esto se instala una microturbina por lo que no es necesario construir ninguna presa. Con un canal que desvíe parte del caudal es suficiente.

### Sirve para:

- Electrificar edificios aislados.
- Suministrar electricidad a la compañía eléctrica.

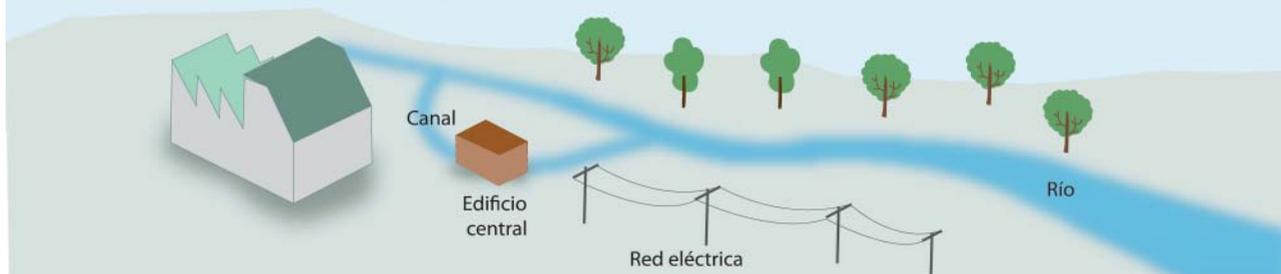


Figura 25. Esquema de un PAH.